

Die Thermographie in der Handchirurgie

von

Gerhard Breuer

aus

Erlangen



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548824_0089

Aus der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. med. G. Hegemann

Die Thermographie in der Handchirurgie

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt
von
Gerhard Breuer
aus
Erlangen

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen - Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. G. Koch

Referent: Priv.-Doz. Dr. J. Geldmacher
Korreferent: Prof. Dr. G. Hegemann

Tag der mündlichen Prüfung: 25.1.1972

Hiermit danke ich Herrn Professor Dr. G. Hegemann, dem Direktor der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen-Nürnberg, für die Überlassung des Themas dieser Arbeit.

Meinen besonders herzlichen Dank möchte ich Herrn Priv.- Doz. Dr. J. Geldmacher für die lebenswürdige Unterstützung bei der Ausführung der Arbeit aussprechen.

Für die Unterstützung bei der Arbeit an der Kamera habe ich Herrn Dr. W. Rummel zu danken.

Meinen Eltern

Die Thermographie in der Handchirurgie

=====

Inhaltsverzeichnis

- A) Die Hauttemperatur
 - I) Die normale Hauttemperatur
 - II) Pathologische Hauttemperaturen als Symptome verschiedener Krankheiten
- B) Die Bestimmung der Hauttemperatur
 - I) Der menschliche Temperatursinn
 - II) Die Thermographie
 - 1) Allgemeines
 - 2) Der Dedektor
 - 3) Funktion und Technik der Kamera
 - a) Die Kamera - Einheit
 - b) Das Sichtgerät
 - 4) Die Untersuchungstechnik
- C) Bisherige Erfahrungen auf dem Gebiet der Thermographie
 - I) Allgemeines
 - II) In der Gynäkologie
 - III) Erfahrungen auf anderen Gebieten
- D) Eigene Untersuchungen in der Handchirurgie
 - I) Das Krankengut
 - II) Die speziellen Untersuchungen
 - 1) Traumafolgen und Sudeck'sche Dystrophie
 - 2) Dupuytren'sche Kontraktur
 - 3) Tumoren
 - 4) Polyarthrititis
 - 5) Hauttransplantate
 - III) Diskussion
- E) Zusammenfassung

Literaturangaben

Die Thermographie in der Handchirurgie =====

- A) Die Hauttemperatur
- I) Die normale Hauttemperatur

Die Temperatur einer bestimmten Körperregion ist das Ergebnis

- a) des Wärmestroms vom Körperinnern zur Oberfläche
- b) des Wärmestroms in die Umgebung durch Leitung und Konvektion, durch Wasserverdunstung und durch Strahlung
- c) des Wärmestroms aus der Umgebung zur Haut

Für die normale Temperaturregelung hat die Hypothalamusregion eine entscheidende Bedeutung.

- II) Pathologische Hauttemperaturen als Symptome verschiedener Krankheiten

Für regionale Abweichungen des durch die Hypothalamische Regelung bestimmten Temperaturbildes gibt es viele Ursachen: strukturelle Abweichungen der Gefäße, lokale Einwirkungen auf die Gefäße, Entgleisung der Gefäßkontrolle, Konsistenzänderungen der Gewebe und Änderungen in der Wärmeproduktion der Gewebe wirken sich aus.

So kommt eine Vielzahl von pathologischen Zuständen und Vorgängen als Ursache für die Änderung des Temperaturbildes in Frage. Sie können Symptome sein für viele Krankheiten: Gefäßerkrankungen wie Arteriitis, Thrombose, Thrombophlebitis, Raynaudsche Erkrankung, Embolie etc.; entzündliche Zustände wie Arthritis, Spondylitis, Osteomyelitis, Tendovaginitis sowie andere Krankheiten des Bewegungsapparates (z.B. Frakturen, Kontusionen, Arthrosen); weiterhin Tumoren, Metastasen, Abszesse. Es ließe sich ein langer Katalog von Krankheiten aufstellen, bei denen die Bestimmung der Hauttemperatur dem Kliniker Hinweise zur Diagnosestellung und für die Beobachtung von Krankheitsverläufen geben kann.

B) Die Bestimmung der Hauttemperatur

I) Der menschliche Temperatursinn

Die einfachste Methode zur Bestimmung der Hauttemperatur ist die Palpation. Der menschliche Temperatursinn beruht auf dem Vorhandensein der sogenannten KRAUSE'schen Endkolben bzw. der RUFFINI'schen Körperchen; das sind sensible Rezeptoren der Haut für Kälte bzw. Wärme. Sie bestehen aus rundlichen und ovalen Körpern, in deren Innerem sich Nervenfasern befinden. Mit dieser Methode können allerdings nur Temperaturdifferenzen in der Größenordnung von $0,5$ bis 1°C erfaßt werden.

Außerdem ist bekannt, daß für die Erregung der Thermorezeptoren außer der absoluten Temperatur auch noch andere Reizparameter verantwortlich sind. Daher kommt es, daß Gegenstände aus verschiedenem Material, die alle eine einheitliche Temperatur besitzen, verschiedene Wärmesensationen hervorrufen - z.B. fühlt sich ein Stück Metall von 20°C kälter an als ein Stück Holz von 20°C .

Eine weitere Quelle der Täuschung zeigt der WEBER'sche Dreischalenversuch. Man bringt die rechte Hand für einige Minuten in Wasser von 15°C , die linke in Wasser von 35°C . Taucht man danach beide Hände in Wasser von 25°C , so empfindet dies die rechte Hand als warm, die linke als kalt.

Weiterhin spielt die Flächengröße der Temperatureinwirkung eine Rolle. So wird die Wärme eines Bades viel intensiver empfunden, wenn man mit dem ganzen Körper hineinsteigt als wenn man nur einen Finger hineintaucht.

Auch chemische Substanzen können die Thermorezeptoren erregen. So wird z.B. Menthol als kühl empfunden, Alkohol wirkt warm. Die Wirkung vieler dieser Substanzen wird pharmazeutischen Produkten genutzt.

II) Die Thermographie

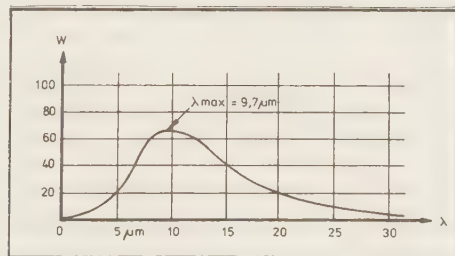
1) Allgemeines

Eine wesentlich elegantere sowie die modernste Methode zur Messung von Oberflächentemperaturen ist die Thermographie. Dieses kontaktlose Verfahren liefert als Meßergebnis Schwarz-Weiß-Bilder, deren verschiedene Grautöne durch verschiedene Temperaturen hervorgerufen werden.

Die Grundlage dieses Verfahrens bildet die Tatsache, daß jeder Körper, dessen Temperatur größer ist als $T = - 273^{\circ}\text{C}$, einen Teil seiner Wärmeenergie als Infrarotstrahlung an die Umgebung abgibt. Das STEFAN - BOLTZMANN'sche Strahlungsgesetz besagt, daß die von einem schwarzen" Körper ausgehende Strahlungsleistung proportional der vierten Potenz seiner Temperatur ist.

$$W = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

σ = Naturkonstante; ϵ = Emissionsfaktor der Oberfläche. Für einen schwarzen Körper gilt $\epsilon = 1$, er absorbiert alle auf ihn treffende Infrarotstrahlung, er ist ein idealer Strahler. Durch die Messung von W kann also T direkt ermittelt werden. Der Emissionsfaktor der Haut beträgt $0,98 \leq \epsilon \leq 1$, man kann sie also annähernd als " schwarzen " Körper betrachten.



W = Strahlungsleistung; λ = Wellenlänge

Abb. 1. Emissionskurve eines schwarzen Körpers

In jüngster Zeit wurde versucht, die verschiedenen Grautöne durch verschiedene Farben darzustellen, was zwar eine bessere Übersicht gestattet, jedoch auf Kosten der Genauigkeit geht.

2) Der Dedektor

Zur Messung der Infrarotstrahlung verwendet man Dedektoren, die Infrarotwellen in elektrische Energie umwandeln. Sie haben zwei Bedingungen zu erfüllen:

- a) Größtmögliche Empfindlichkeit - Die vom Körper abgegebene Strahlungsleistung liegt in der Größenordnung von 10^{-9} W.
- b), Kleinstmögliche Ansprechzeit - d.h. schnellstmögliche Reaktion auf Änderung von W.

Der Dedektor muß im Bruchteil einer Sekunde etwa 20 000 Bildpunkte abtasten. Daher werden mit flüssigem Stickstoff gekühlte Indium-Antimonid-Kristalle mit einer Ansprechzeit von weniger als 1 μ sec. verwendet.

Leider gehen von der von der Haut abgegebenen Strahlungsleistung etwa 98% verloren, weil diese Indium-Antimonid-Kristalle nur im Bereich $1 \mu\text{m} < \lambda < 5,5 \mu\text{m}$ empfindlich sind.

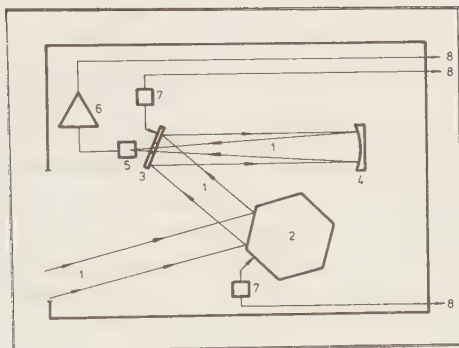
In einigen Geräten werden als Dedektoren Thermistor-Bolometer verwendet, die für alle Wellenlängen des Infrarotbereiches empfindlich sind. Sie sind jedoch wegen ihrer allzulangen Ansprechzeiten für medizinische Zwecke ungeeignet.

3) Funktion und Technik der Kamera

Die verwendete Infrarotkamera war ein Gerät der Firma BOFORS. Sie besteht aus Kamera-Einheit und Sichtgerät.

a) Die Kamera-Einheit

Die Infrarotstrahlung trifft auf eine mechanisch bewegte Spiegeloptik, die aus einem in der Vertikalen rotierenden Polygonspiegel besteht und aus einem Kippspiegel, der mit 4 Hz eine kleine Winkelbewegung um die Horizontale durchführt. Ein Hohlspiegel reflektiert die Infrarotstrahlung auf den Dedektor. Die von hier ausgehenden Signale werden über einen Vorverstärker und das Verbindungskabel zum Sichtgerät geführt.



- | | |
|-----------------------|------------------------------|
| 1 = Infrarotstrahlung | 5 = Dedektor |
| 2 = Polygonspiegel | 6 = Vorverstärker |
| 3 = Kippspiegel | 7 = Synchronisierungsimpulse |
| 4 = Hohlspiegel | 8 = zum Sichtgerät |

Abb. 2. Schema der Kamera-Einheit

Um die Ablenkspannung am Oszillographen zu steuern, werden Synchronisierungsimpulse von der Kamera zum Sichtgerät geführt.

b) Das Sichtgerät

Das Sichtgerät besteht aus einem Oszillographen, auf dem das aus einhundert Zeilen bestehende Thermogramm viermal pro Sekunde dargestellt wird.

Durch eine " Thermal Band " - Schaltung lassen sich Isothermen darstellen. Dabei wird ein bestimmtes Temperaturniveau, d.h. ein bestimmter Grauton als weiß getastet. Dadurch entstehen weiße Linien, die alle Punkte gleicher Temperatur miteinander verbinden. Diese Isothermen lassen sich beliebig verschieben; eine Skala sorgt dafür, daß sich die Temperaturunterschiede zweier Punkte direkt am Gerät ablesen lassen.

Zur Dokumentation lassen sich vom Bildschirm Fotografien mit Polaroid- und 70 mm Kameras anfertigen, allerdings mit etwas Verlust an Genauigkeit.

4) Die Untersuchungstechnik

Das Schirmbild macht recht präzise Aussagen, vorausgesetzt, man hält sich an gewisse Untersuchungsbedingungen.

Der Untersuchungsraum sollte mindestens 10 qm Grundfläche haben, verdunkelt, und ohne größere Metall- und Glasflächen sein. Die Temperatur sollte konstant 20°C betragen.

Die zu untersuchenden Hautregionen sollten mindestens zwanzig Minuten lang unbekleidet gewesen sein.

Liegende Patienten kann man mit Hilfe eines Spezialspiegels untersuchen. Da die Wärmekamera nur vom Körper abgegebene Infrarotstrahlung mißt, ist diese Untersuchungsmethode harmlos und kann beliebig oft wiederholt werden.

C) Bisherige Erfahrungen auf dem Gebiet der Thermographie

I) Allgemeines

Erst in jüngster Zeit sind mit der Thermographie neue Möglichkeiten auf dem Gebiet der Messung von Körpertemperaturen erschlossen worden. Die Infrarottechnik hat wegen ihrer Bedeutung für Raumfahrt, Raketenbau und für den militärischen Bereich einen hohen technischen Stand erreicht.

Der Anstoß für den Gebrauch der Wärmekamera in der Medizin war die Entdeckung von LAWSON (1956), daß über malignen Mammatumoren die Hauttemperatur erhöht ist.

II) In der Gynäkologie

Die ersten brauchbaren Ergebnisse wurden 1961 von K.L. LLOYD-WILLIAMS, F.J. LLOYD-WILLIAMS und R.S. HANDLEY veröffentlicht. Sie untersuchten 100 Patienten mit Mammaknoten. Dabei fanden sie, daß Karzinome, Abszesse und entzündete Zysten wesentlich wärmer waren als die Vergleichsregion auf der anderen Seite. Auch über die Malignität glaubten sie Rückschlüsse aus der Temperatur ziehen zu können.

Die Diagnostik von Mammatumoren ist seither das Hauptanwendungsgebiet der Thermographie geblieben.

1965 legte A.G. SWEARINGEN die Ergebnisse über 100 Untersuchungen vor und betrachtete die Thermographie als geeignet für Reihenuntersuchungen auf Mammakarzinom.

D.L. HARRIS, W.P. GREENING und P.M. AICHROTH veröffentlichten eine Studie (1966), die sich etwas kritischer mit der Tumordiagnostik durch Thermographie befaßte. Sie stellten fest, daß auch normalerweise zwischen beiden Mammae Temperaturunterschiede bis zu 3°C vorkommen. Sie wiesen auch nachdrücklich darauf hin, daß das oberflächliche Venenmuster der Haut zu unerwarteten Wärmedifferenzen führt. Dies alles vermindere den Aussagewert des Thermogramms. Eine gründliche Verbesserung der Methode sei unerläßlich.

Eine weitere klinische Erforschung der Thermographie hielten auch G. NOTTER und O. MELANDER für erforderlich (1966).

Eine umfassende Studie legte R.L. HOFFMANN vor (1967). Er untersuchte 1924 Frauen mittels Thermogrammen. Dabei hatte er 3,3 % falsch positive Befunde bei gesunden Mammae, und 16,6 % falsch positive Befunde bei benignen Tumoren.

H. RUDOLPH und K. SCHMITTINGER teilten beide Mammae in je sechs Sektoren ein. Sie fanden heraus, daß zwar zwischen den einzelnen Sektoren gesunder Mammae Temperaturunterschiede bis zu $1,8^{\circ}\text{C}$ bestehen, daß jedoch die Differenz zum entsprechenden kontralateralen Sektor unwesentlich ist. Trotzdem bekamen sie noch etwa 8 % falsch positive Befunde.

Während zur Diagnostik von Mammatumoren schon viele und umfassende Studien vorliegen und auch schon Fortschritte zu verzeichnen waren, steckt man auf anderen Gebieten fast überall noch ziemlich in den Anfängen.

J.D. HABERMAN - BRUESCHKE und J. GERSHON - COHEN versuchten die Plazenta mittels Thermographie zu lokalisieren (1964).

Einen Vergleich zwischen Radioplazentogramm und Thermogramm führten P.M. JOHNSON, D.G. BRAGG und J.J. SCIARRA durch. Sie fanden eine wesentlich bessere Treffsicherheit bei der Plazentalokalisation mit Radioisotopen, und zwar mit 98 % gegenüber 50 %

Doch nicht nur in der Gynäkologie, auch auf anderen Gebieten versuchte man herauszufinden, inwieweit die Thermographie die bisherigen diagnostischen Mittel bereichern könnte.

III) Erfahrungen auf anderen Gebieten

Ausführliche Berichte sind über die Anwendungsmöglichkeiten der Thermographie geschrieben worden.

J. GERSHON - COHEN und R.B. BARNES (1965), sowie CH. GROS und P. BOURJAT (1967) brachten zusammenfassende Arbeiten auf diesem Gebiet. Sie berichteten über schon abgeschlossene Untersuchungen und stellten einen Katalog von möglichen Anwendungsgebieten auf.

Ein Gebiet, für das sich die Thermographie anbietet, ist das der peripheren Gefäßerkrankungen. T. WINSOR und J. BENDEZU veröffentlichten eine Studie über die periphere Zirkulation. Sie prophezeiten der Thermographie eine große Zukunft (1964). Auch N.J.M. AARTS kam bei seinen Untersuchungen über Gefäßerkrankungen zu einem positiven Ergebnis.

N.F. BOAS meinte, bei Gelenkrheumatismus wäre die Wärmekamera ein wertvolles diagnostisches Mittel (1964).

Auch J.A. COSH und E.F.J. RING untersuchten rheumatische Krankheiten (1967).

Das Ausmaß und der Heilprozeß von Verletzungen wurden thermographisch zu dokumentieren versucht; so W.Z. LANE (Brustwandverletzungen), sowie E.R. HEINZ, H.I. GOLDBERG und J.M. TAVELRAS (craniale und intracraniale Verletzungen).

Eine umfangreiche Studie über cerebrovaskuläre Krankheiten legten E.H. WOOD (1965) und E.H. WOOD und R.P. HILL (1966) vor. Sie erarbeiteten zuerst das normale Thermogramm des Gesichts und untersuchten dann auf dieser Grundlage Carotisstenosen und -verschlüsse. Die Befunde konnten sie nachher angiographisch sichern.

Die Thermographie bietet sich auch an zum Wirkungsnachweis gefäßwirksamer Substanzen. H. HARDERS, V. TILSNER und N. HEISING wiesen die Wirkungsweise verschiedener vasoaktiver Pharmaka bei arteriellen Verschlußkrankheiten nach (1967).

A. SMESSAERT, D. BEFELER und R.G. HICKS werteten den Effekt von Sympathikusblockern mit Thermographie aus (1965).

H.HARDES untersuchte die Wirkung der thrombolytischen Thermographie (1967).

Alle Autoren strichen heraus, daß das, was man bisher herausgefunden habe, sehr wenig sei im Verhältnis zu dem, was man noch erforschen könne. Man steckt also trotz der vielen Versuche auf verschiedenen Gebieten im Wesentlichen noch in den Anfängen. Andererseits war auf Grund der vielen positiven Berichte verschiedener Autoren ein weites Betätigungsfeld zu erwarten. Daher war es natürlich interessant, herauszufinden, inwieweit die Wärmekamera eine Bereicherung für die Handchirurgie sein könnte. Gelegenheit dazu bot sich, als der Frauenklinik der Universität Erlangen (Direktor: Prof. Dr. K.G. Ober), für ein Jahr ein Gerät der Firma Bofors zur Verfügung gestellt wurde.

D) Eigene Untersuchungen in der Handchirurgie

I) Das Krankengut

Während der Zeit von Juni 1969 bis Juli 1970 wurden etwa 40 Thermogramme von Patienten der Handchirurgie angefertigt, bei denen die Thermographie Hinweise und Beiträge zur Diagnostik und Therapie zu geben versprach. Es handelt sich dabei vorwiegend um Patienten mit chronischer Polyarthrit, Traumafolgen, Hauttransplantaten, Tumoren, Sudeck'scher Dystrophie und Dupuytren'scher Kontraktur. Bei der vorbereitenden Untersuchungen stellte sich heraus, daß die normalen Temperaturdifferenzen an den Händen $0,3^{\circ}$ bis $0,4^{\circ}$ C betrugen, Temperaturunterschiede ab $0,5^{\circ}$ C also als suspekt zu gelten haben. Diese Erfahrung wurde auch bei den späteren Untersuchungen immer wieder bestätigt.

II) Die speziellen Untersuchungen

1) Traumafolgen und Sudeck'sche Dystrophie

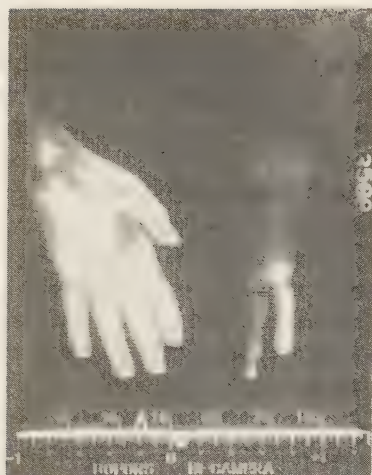


Abb. 3a

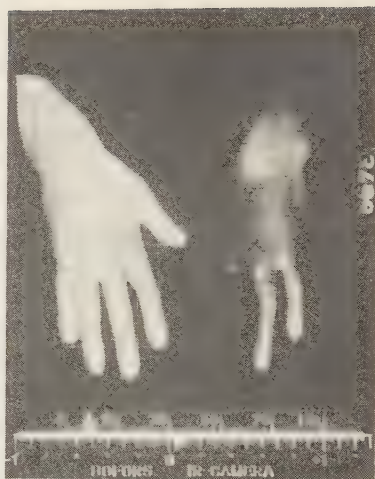


Abb. 3b

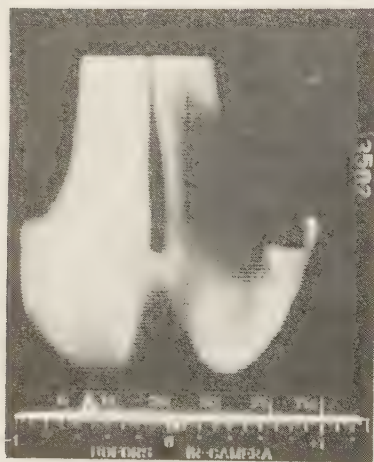


Abb. 3c

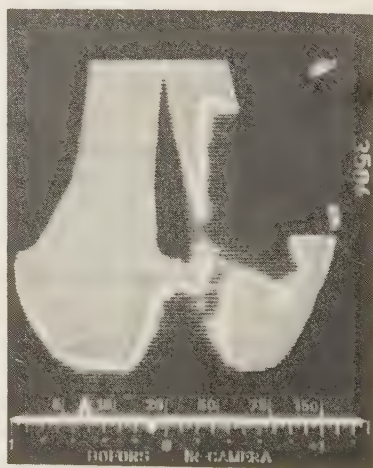


Abb. 3d

Die Abbildung Nr. 3 ist das Thermogramm eines 40-jährigen Patienten mit einer Durchtrennung der a. brachialis links etwa eine Handbreit oberhalb des Ellenbogens. Die Aufnahmen entstanden drei Wochen nach dem Unfall. Der Patient klagte über Kraftlosigkeit und einge-

schränkte Bewegungsfähigkeit der Hand. Das Thermogramm zeigt deutlich den völligen Ausfall der a. radialis. Daumen, Zeigefinger und Mittelfinger sind auf der normalen Aufnahme überhaupt nicht mehr darstellbar, sie konnten nur mit Hilfe der Thermal-Band-Schaltung sichtbar gemacht werden. Der Temperaturunterschied zu den entsprechenden gesunden Fingern der Gegenseite beträgt 6 C. Daneben muß man den Ausfall der a. ulnaris als relativ bezeichnen. (Abb. 3a, 3b.) Mit Hilfe der Isothermen konnte eine vermutete beginnende Sudeck'sche Dystrophie ausgeschlossen werden, da hierbei eine Temperaturerhöhung des erkrankten Bezirks zu erwarten gewesen wäre. Auf dem Thermogramm konnte außerdem ein erwärmter Bezirk in der Ellenbogen-egend festgestellt werden, der sich als Periostitis erwies. (Abb. 3c, 3d.)

In diesem Fall half die Thermographie, eine Sudeck'sche Dystrophie auszuschließen, was sonst zu diesem Zeitpunkt nicht möglich gewesen wäre.

Das Thermogramm Abb. 4, stammt von einer 51-jährigen Frau. Acht Wochen vor der Aufnahme erlitt sie eine Radiusfraktur rechts an typischer Stelle. Nach vier Wochen wurde der Gips entfernt. Als während der folgenden vier Wochen der Bereich um die Bruchstelle geschwollen blieb und die Hand zusehends kraftloser und unbeweglicher wurde, begab sich die Patientin in die Poliklinik. Das Thermogramm zeigt deutlich "kalte Bezirke" im distalen



Abb. 4 a

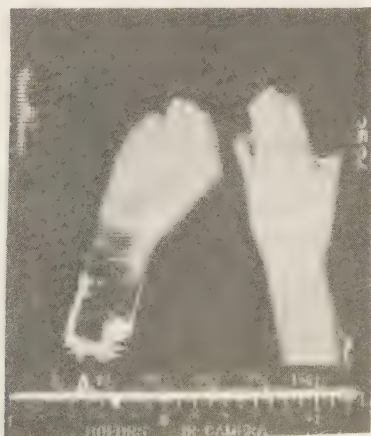


Abb. 4 b

Abb. 5
Sudeck'sche
Dystrophie



Drittel des rechten Unterarms und auf dem Handrücken.
(Abb. 4a, 4b.). Aufgrund der Vorgeschichte und des Schirmbildbefundes mußte eine Sudeck'sche Dystrophie II angenommen werden. Diese Diagnose konnte auf Grund des Röntgenbefundes bestätigt werden.

Um einen ähnlichen Fall handelt es sich bei Abb. 5. Der 56-jährige Patient hatte sich drei Monate vorher eine Distorsion der Finger rechts zugezogen. Auf dem Thermogramm sieht man gut das Ausmaß des pathologischen Befundes. Hier wies die Hypothermie des erkrankten Gebietes auf einen Sudeck II hin.

Bei der Sudeck'schen Dystrophie ist die Thermographie in der Lage, diagnostische Hinweise zu geben schon vor dem Auftreten von Symptomen im Röntgenbild.

In ähnlicher Weise wurde die Wärmekamera dazu verwendet, Osteomyelitiden, Spondylitiden, Knochentumoren und Metastasen zu erfassen.

2) Dupuytren'sche Kontraktur

Einen immer breiteren Raum in der Handchirurgie nimmt die Dupuytren'sche Kontraktur ein. Dieses Krankheitsbild, das durch Hyperplasie und Proliferation der Palmarfaszie gekennzeichnet ist, zeigt im histologischen Bild entzündlich narbige Veränderungen.

Der Versuch lag nahe, durch prä - und postoperative Aufnahmen die Ausdehnung der Krankheit und den Fortschritt des Heilungsprozesses festzustellen. Im Thermogramm konnten jedoch keine signifikant erhöhten Temperaturen festgestellt werden, sodaß auch eine Früherfassung von Rezidiven nicht durchgeführt werden konnten.

3) Tumoren

Vorhandene Temperaturdifferenzen müssen immer mit Hilfe der Thermal - Band - Schaltung" direkt am Gerät bestimmt werden, da das normale Schirmbild und vor allem das Foto eine genaue Differenzierung der verschiedenen Wärmemuster nicht in wünschenswertem Maße gestattet; man kann sonst sogar leicht zu Fehlbeurteilungen kommen

Abb. 6
Haemangiom



Die Abbildung Nr. 6 zeigt das Thermogramm eines achtjährigen Jungen. Vor allem auf der linken Hand sieht man mehrere "warme Bezirke". Erst mit Hilfe der Isothermen ließ sich ein am linken Zeigefinger sitzendes Haemangiom darstellen. Überhaupt lassen sich Tumoren mittels Thermographie gut erfassen. Recht gut darzustellen war auch das "kalte" Strahlenulcus, die Umgebung war dabei meist hyperthermisch. Dabei konnte genau der erkrankte Bezirk abgegrenzt werden. In ähnlicher Weise ist die Thermographie bereits verwendet worden, um die Ausdehnung von Verbrennungs - und Erfrierungsschäden festzustellen.

4) Polyarthrititis

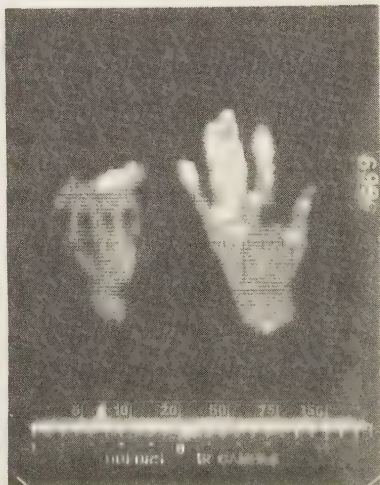
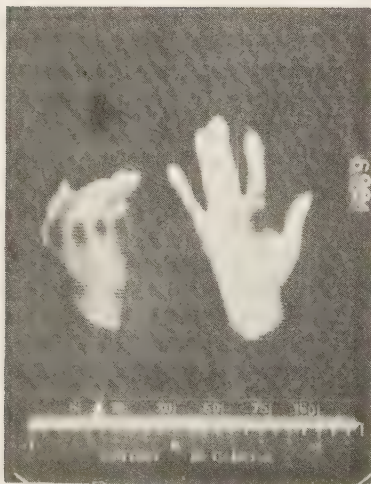


Abb. 7 a

Abb. 7 b

Abb. 7 Primär chronische Polyarthrititis

Das Thermogramm Abb. 7 stammt von einem 52-jährigen Mann.

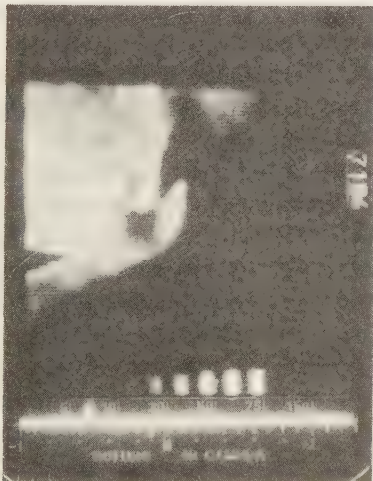
Er litt seit Jahren an einer primär chronischen Polyarthrititis und kam jetzt, um sich operieren zu lassen.

Das Thermogramm zeigt deutlich, daß der entzündliche Prozeß an den Fingergrundgelenken der rechten Hand beendet ist. Dagegen besteht die Arthritis an den Mittel- und Endgelenken des Mittel- und Ringfingers noch. Das Bild zeigt aber ebenfalls, daß bei den Fingergelenken der linken Hand das entzündliche Geschehen noch stark im Vordergrund steht, wobei Mittel- und Ringfinger besonders betroffen sind. (Abb. 7a, 7b.)

In diesen Fällen ist die Thermographie geeignet, eine dokumentarische Verlaufskontrolle des Krankheitsbildes durchzuführen. Auch eine Früherfassung von Polyarthritiden ist möglich.

5) Hauttransplantate

Abb. 8
Bauchhautstielp-
plastik des
Daumens



Das Thermogramm Abb. 8 stammt von einem 28-jährigen Patienten. Infolge eines Unfalls mußte an seinem rechten Daumen eine Fernplastik als Bauchhautstielpplastik gemacht werden. Die Aufnahme entstand 14 Tage nach Einnähung des Daumens. Als "kalter Fleck" ist der Übergang des Lappens zur erhaltenen Haut des Handrückens zu sehen. (Abb.8). Der Temperaturunterschied liegt jedoch mit $0,9^{\circ}\text{C}$ schon verhältnismäßig günstig. Eine Woche später war das Durchblutungsbild so ausgeglichen, daß der Lappen durchgetrennt und vollständig eingenäht werden konnte.

III) Diskussion

Zur Beurteilung der Hautplastiken und Hauttransplantationen war die Thermographie sehr von Nutzen. Mit ihrer Hilfe kann man am besten den postoperativen Verlauf kontrollieren und den Erfolg der Übertragung beurteilen.

Auch zur Beobachtung und dokumentarischen Kontrolle chronischer Erkrankungen des Knochenapparates hat sich die Wärmekamera bewährt. Sie mag sich auch manchmal bei Krankheitsbildern mit Erfolg einsetzen lassen, die sich anfänglich durch klinische Beobachtung nicht präzisieren lassen.

Trotzdem muß man die Frage nach dem Wert der Thermographie recht kritisch beantworten.

Die Anwendungsmöglichkeiten sind jedoch ziemlich beschränkt; die Erfolge sind noch zu unsicher. Dies ließe sich zwar durch genauere Erforschung vielleicht verbessern. Es kommt aber noch dazu, daß man auch mit der Szintigraphie, der Angiographie, der Lymphographie und der Weichteilröntgentechnik auf vielen Anwendungsgebieten der Thermographie zum selben Ergebnis kommt. Außerdem ist die Wärmekamera sehr kostspielig. Das Gerät repräsentiert immerhin den Gegenwert der Einrichtung einer großen Röntgenpraxis. So interessant die Thermographie auch ist,

es besteht ein zu großes Mißverhältnis Aufwand : Nutzen. Deshalb dürfte es auch, wenn man einmal von der Diagnostik von Mammatumoren absieht, für die Thermographie zumindest sehr schwer sein, sich durchzusetzen.

E) Zusammenfassung

Zuerst wurden einige Betrachtungen über normale und pathologische Hauttemperaturen angestellt.

Daran schließen sich Ausführungen über Untersuchungsmethoden zur Bestimmung der Hauttemperatur an. Zuerst wurde der menschliche Temperatursinn kritisch beleuchtet. Anschließend wurde die Thermographie genau beschrieben, und zwar die Grundlagen, der Dedektor, Funktion und Technik der Kamera, sowie die Untersuchungstechnik.

Sodann folgen Betrachtungen über die bisherige Entwicklung der Thermographie. Dabei lag das Hauptgewicht wegen der meisten Erfahrungen und der größten Erfolge auf dem Gebiet der Diagnostik von Mammatumoren. Es wurde jedoch auch ein umfassender Überblick über Forschungen auf anderen Anwendungsgebieten gegeben.

Es folgen die Ausführungen über die eigenen Untersuchungen. Anhand von etwa 40 Thermogrammen wurden vor allem Patienten mit Traumafolgen und Sudeck'scher Dystrophie, Dupuytren'scher Kontraktur, Tumoren, Polyarthritiden und Hauttransplantaten untersucht. Die Untersuchungen ergaben zwar einige diagnostisch wertvolle Hinweise, doch mußte bei kritischer Betrachtung festgestellt werden, daß mit Ausnahme der Früherkennung von Mammatumoren der Nutzen im Verhältnis zum Aufwand zu gering erscheint.

Literaturangaben

AARTS, N.J.M:

Some experiences with thermography. J Radiol Electrologie 48, 76 (1967)

BOAS, N.F. Thermography in Rheumatoid Arthritis Ann.N.Y.

Acad. Sci 121, 223 (1964)

COSH, J.A. and RING, E.F.J.:

Techniques of heat detection used in the assessment of rheumatic diseases. J Radiol Electrologie 48, 84 (1967)

GERSHON - COHEN, J. and BARNES, R.B.:

Thermographie Röntgen 1, 12 (1965)

GROS, CH. and BOURJAT, P.:

Die Anwendungsmöglichkeiten der Thermographie. Fortschr. Roentgenstr. 106, 561 (1967)

HABERMANN - BRUESCHKE, J.D. and GERSHON - COHEN, J.:

Thermographic localization of the placental site.

J Albert Einstein Medical Center 12, 248 (1964)

HARDERS, H.:

Die Objektivierung der Lagerungsprobe nach Ratschow durch die Infrarotthermographie. Angiologica (Basel), 43, 105 (1967

HARDERS, H. TILSNER, V. and HEISIG, N.:

Wirkungsnachweis vasoaktiver Substanzen durch Infrarotthermographie Med. Klinik 62, 566 (1967)

HARRIS, D.L. W.P. GREENING and P.M. AICHROTH:

Infrared diagnosis of a lump in the breast. Brit. J Cancer 20, 710 (1966)

HEINZ, E.R. H.I. GOLDBERG and J.M. TAVERAS:

Experiences with thermography in neurologic patients

Ann. N. Y. Acad. Sci. 121, 177 (1964)

HENKEL, L. and WATMOUGH, D. :

Die Thermographie in der Orthopädie. Zeitschr. f. Orth. u. i.Grenzg., 106, 817 (1969)

HOFFMAN, R.L.:

Thermography in the detection of breast malignancy. Am J Obstet Gynec 98, 681 (1967)

JOHNSON, P.M., BRAGG, D.G. and SCIARRA, J.J.:

Placental localization: A comparison of radiopharmaceutic and thermographic methods. Amer J Roentgenol 96, 681 (1966)

LANE, W.Z.:

Thermography in diseases of the thorax. Ann. N. Y. Acad. Sci.

121, 190 (1967)

LAWSON, R.N.,

Implications of surface temperatures in the diagnosis of breast cancer. Canad Assn J, 75, 309 (1956)

LLOYD - WILLIAMS, K.L., LLOYD - WILLIAMS, F.J. and HANDLEY, R.S.

Thermography in the diagnosis of breast disease. Lancet 2, 1378 (1961)

NOTTER, G. and MELANDER, O.:

Thermographische Untersuchung bei Erkrankungen der Brustdrüse.

Fortschr. Roentgenstr. 105, 657 (1966)

RUDOLPH, H. and SCHMITTINGER, K.:

Die Infrarot - Thermometrie in der Differentialdiagnose von Mammatumoren. Der Chirurg 40, 184 (1969)

SMESSAERT, A., BEFELER, D. and HICKS, R.G.:

Use of thermography for evaluation of sypathetic blocks. Amer J Surg

109, 594 (1965)

SWEARINGEN, A.G. :

Thermography: Report of the radiographic and thermographic examinations of the breasts of 100 patients. Radiology 85, 818 (1965)

WINSOR, T. and BENDEZU, J.:

Thermography and the peripheral circulation. Ann. N.Y. Acad.Sci.

121, 135 (1964)

WOOD, E.H.:

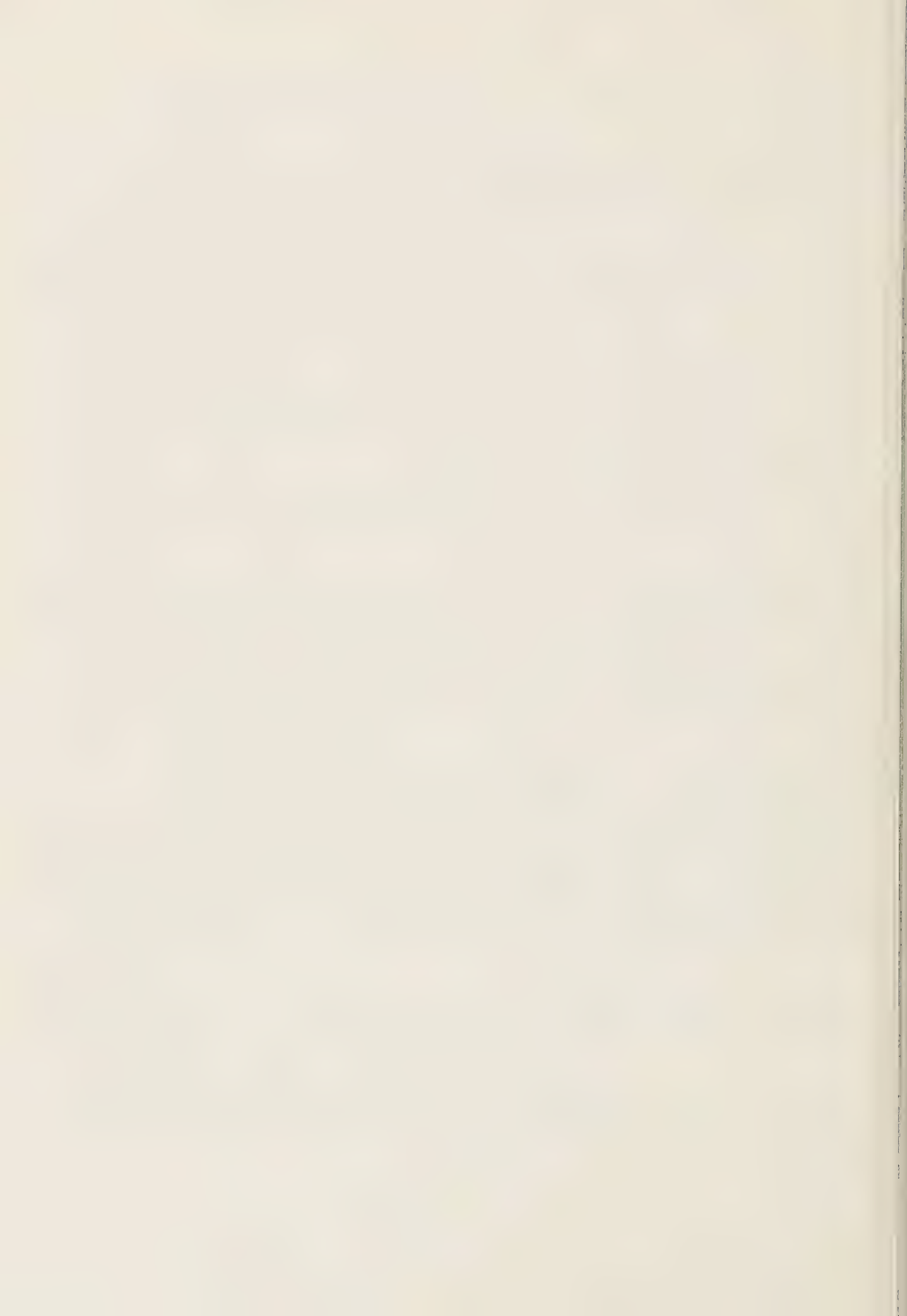
Thermography in the diagnosis of cerebrovascular disease.

Radiology, 85, 270 (1965)

WOOD, E.H. and HILL, R.P.:

Thermography in the diagnosis of cerebrovascular occlusive disease.

Acta Radiol, 5, 961 (1966)



Lebenslauf

Name : Gerhard Breuer

geb. : 8.9.1946 in Erlangen

Vater : Dr.med. Wilhelm Breuer
prakt. Arzt

Mutter : Eleonore Breuer
geb. Pfeiffer

Volksschule : 1952 - 1956 Oberkottzau

Gymnasium : 1956 - 1965 Jean-Paul-Gymnasium
Hof/Saale

Abitur : 20.6.1965 Jean-Paul-Gymnasium
Hof/Saale

Studium: WS 1965/66 bis SS 1971 Universität
Erlangen

Staatsexamen: 30.8.1971 bis 12.1.1972

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990
